نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۴۶-۴۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 435-446

اثر فاصله بین ردیف بر معماری، عملکرد وش و کیفیت بذر ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

محمد مونیان اردستانی[۱]- فرشید قادری‌فر[۲*]- ابراهیم زینلی[۳]- محمدحسین قربانی[۴]- مرتضی گرزین[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی اثر فاصله ردیف بر معماری، عملکرد و کیفیت بذر پنبه یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گرگان در سال زراعی ۱۳۹۱ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل فاصله ردیف در سه سطح ۲۰، ۴۰، و ۸۰ سانتی‌متر در سه رقم ساحل، سپید و گلستان بود. در این مطالعه ساختار و ویژگی‌های هندسی گیاه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر فاصله ردیف قرار گرفت. به‌طوری‌که با کاهش فاصله ردیف از ۸۰ به ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه‌های رویا و زایا کاهش، اما شاخص سطح برگ، ماده خشک تولید شده در واحد سطح و ارتفاع تشکیل قوزه به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند. با وجود کاهش معنی‌دار تعداد و اندازه قوزه در هر بوته با کاهش فاصله ردیف، عملکرد وش ثابت بود که این به دلیل افزایش تعداد بوته و در نتیجه تعداد قوزه در واحد سطح رخ داد. بیش‌ترین کیفیت بذر (جوانه‌زنی و قدرت بذر) در رقم گلستان در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و در دو رقم دیگر در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد. کم‌ترین قدرت بذر در هر سه رقم در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. به‌طور کلی، کاهش ارتفاع بوته و افزایش ارتفاع تشکیل قوزه (تسهیل برداشت مکانیزه)، افزایش شاخص سطح برگ و ماده خشک در واحد سطح، ثبات عملکرد و در نهایت افزایش کیفیت بذر در فاصله ردیف‌های کم‌تر، نشان‌دهنده برتری فاصله ردیف‌های کم در مقابل فاصله ردیف‌های زیاد و معمول می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، جوانه‌زنی، قدرت بذر، هندسه گیاهی

مقدمه

تنظیم فاصله بین ردیف‌های کاشت یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریتی در فرآیند تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود. فاصله ردیف بر پوشش سطح زمین، میزان دریافت تشعشع، توان رقابتی گیاه زراعی با علف‌های هرز و نیز جمعیت آفات و عوامل بیماری‌زا مؤثر است و از این راه‌ها بر کارایی نظام‌های تولید گیاهان زراعی مؤثر می‌باشد.

به‌طور کلی فاصله بین ردیف‌های کاشت در پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی دیگر بیشتر بوده و به‌طور معمول بین ۷۶ تا ۱۰۲ سانتی‌متر (با تراکم بوته ۱۲۰۰۰۰-۸۰۰۰۰ بوته در هکتار) متغیر است، که این فاصله ردیف زیاد عمدتاً به خاطر سهولت در انجام عملیاتی چون برداشت، کنترل علف‌های هرز و آفات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Molin *et al.*, 2006; McConnell *et al.*, 2008). البته امروزه کاشت پنبه در فاصله ردیف‌های کم (NR)[۶] (۵۰-۲۵ سانتی‌متر) و خیلی کم (UNR)[۷] (فاصله ردیف ۲۵-۱۸ سانتی‌متر با تراکم ۳۷۸۰۰۰-۲۱۰۰۰۰ بوته در هکتار) بسیار مورد استقبال قرار گرفته است (Molin *et al.*, 2006). مزیت اصلی نظام‌های NR و به‌ویژه UNR پتانسیل بیشتر آن‌ها برای افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های تولید در مقایسه با فاصله ردیف‌های معمول می‌باشد (Atwell *et al.*, 1996). افزایش عملکرد به دلیل کاهش فاصله ردیف بیشتر به خاطر افزایش

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۵- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: farshidghaderifar@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.64400

6- Narrow Row
7- Ultra Narrow Row

دریافت نور است. کاهش هزینه‌های تولید نیز به دلیل کاهش فرسایش خاک در مناطق مستعد، تسریع رسیدگی، کاهش تلفات آب، افزایش کارایی فتوسنتز، کاهش هزینه‌های کنترل علف‌های هرز و امکان برداشت مکانیزه و حذف هزینه‌های کارگری و در نتیجه صرفه‌جویی در زمان رخ می‌دهد (Low and McMahon, 1973; Jost and Cothern, 2000; Ghorbanpour, 2012).

البته باید توجه داشت که این مزایا به‌واسطه تغییرات ایجاد شده در معماری جامعه گیاهی و بهبود عوامل گیاهی و محیطی مؤثر بر میزان بهره‌وری گیاه زراعی رخ می‌دهند (Kaggwa-Asiimwe *et al*., 2013). ویژگی‌های ساختاری و یا به‌عبارتی معماری کانوپی به آرایش مکانی (موقعیت، جهت‌گیری، وسعت، کمیت و میزان پیوستگی) اندام‌های گیاه بستگی دارد. به‌طور کلی خصوصیات بیوشیمیایی و ساختاری گیاهان به‌عنوان پارامترهایی در مدل‌سازی تولید بیوماس و عملکرد گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرا این ویژگی‌ها نحوه تعامل بین اتمسفر و جوامع گیاهی را نشان می‌دهند (Béland *et al*., 2011).

به‌طور کلی، نتایج متناقض در ارتباط با میزان عملکرد تولید شده در شرایط استفاده از فاصله ردیف‌های کم و معمول، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب فاصله ردیف کاشت را دشوار ساخته و باعث کاهش شوق و علاقه تولیدکنندگان در گذار از نظام‌های معمول به نظام‌های UNR شده است. در واقع برخی محققان از برتری عملکرد در نظام‌های UNR و NR سخن می‌گویند (Arunvenkatesh and Rajendran, 2013; Meng *et al*., 2016)، اما برخی دیگر آن را به چالش کشیدند و برتری را به نظام‌های معمول نسبت می‌دهند و یا آن‌ها را فاقد اختلافات قابل توجه می‌دانند (Molin *et al*., 2006; Feng *et al*., 2014).

در مورد اثر فاصله ردیف بر قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر مطالعات چندانی انجام نشده است. در یک مطالعه نشان داده شد که با افزایش تراکم پنبه از ۱۵۰۰۰ به ۸۷۰۰۰ بوته در هکتار قدرت بذر کاهش یافت (Xiao-yu *et al*., 2015). بر خلاف آن، محققان دیگری بیان کردند که کیفیت بذرهای پنبه در تراکم‌های بالاتر بیشتر بود (Dong *et al*., 2005). با این حال عموماً تراکم به‌عنوان یک عامل مهم و اثرگذار بر کیفیت بذر گزارش نشد (Zaxos *et al*., 2012).

همان‌طور که اشاره شد استفاده از فاصله ردیف‌های کم و خیلی کم نقش مهمی در کاهش هزینه تولید همراه با حفظ و یا افزایش عملکرد در مقایسه با فاصله‌ردیف‌های رایج دارد. با این وجود تنوع زیادی در نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلف در زمینه اثر فاصله ردیف بر عملکرد وجود دارد. از طرف دیگر اثرات استفاده از چنین فاصله ردیف‌هایی بر کیفیت بذر به خوبی مشخص نشده است. به همین دلیل این تحقیق به منظور روشن‌تر ساختن تأثیر فاصله بین ردیف‌های کاشت بر ساختار جامعه گیاهی، عملکرد وش، قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر پنبه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲ متری از سطح دریا) در سال ۱۳۹۱ انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی از نوع لوم رسی سیلتی و اسیدیته خاک ۸-۷/۹ و متوسط بارندگی سالیانه ۶۰۷ میلی‌متر می‌باشد. تیمارهای آزمایشی شامل فاصله ردیف کاشت در سه سطح (۲۰، ۴۰، و ۸۰ سانتی‌متر) و سه رقم پنبه شامل ساحل، سپید و گلستان بود. دو رقم گلستان و ساحل جزو رقم‌های دارای برگ‌های معمولی (برگ پهن) و رقم سپید دارای برگ‌های اکرا (دارای بریدگی‌های عمیق) می‌باشد. رقم ساحل دارای رشد متوسط با ارتفاع ۱۶۰-۱۳۰ سانتی‌متر، قابلیت ترمیم فضا و قوزه‌های درشت می‌باشد. رقم سپید دارای فرم رشدی گسترده با ارتفاع ۱۵۰-۱۲۰ سانتی‌متر و تعداد بالای قوزه می‌باشد. رقم گلستان دارای ارتفاع و حجم رویشی کم با پتانسیل عملکرد بالا بوده و در مقایسه با دو رقم دیگر زودرس‌تر می‌باشد (Pourali, 2015). فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف کاشت نیز در تمام تیمارها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل هفت ردیف کاشت به طول ۷ متر بود. برای مقابله با علف‌هرز در طول فصل رشد عملیات وجین به‌صورت دستی انجام شد و برای کنترل آفات طی فصل رشد از حشره‌کش آوانت استفاده شد. آبیاری کرت‌ها نیز به‌صورت غرقابی طی دوره رشد انجام شد.

کلیه نمونه‌برداری‌ها از نوع تخریبی بودند و به صورت دستی از مرحله هفت برگی (۴۴ روز پس از کاشت) آغاز شدند. در هر نمونه‌برداری از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و خصوصیاتی نظیر ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک کل اندام‌های هوایی در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج تی. دلتا[1] استفاده شد و برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها از آون (۷۲ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد) جهت خشک کردن و ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم به منظور توزین نمونه‌های خشک شده استفاده شد. برای توصیف تغییرات ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک از یک معادله لجیستیک (معادله ۱) استفاده شد (Ghaderi-Far *et al*., 2009).

$$y = \frac{a}{[1+\exp(-k \times (t-b)]} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

1- T. Delta

جدول ۱- طبقه‌بندی نمونه‌های بذری به گروه‌های مختلف با استفاده از شاخص قدرت در روش تگزاس
Table 1- Classification of seed samples into different groups by using the Texas vigor index

طبقه‌بندی (Classification)	مجموع گیاهچه‌های عادی در دو آزمون گرما و سرما Sum total normal seedlings in two warm and cold tests
عالی (Excellent)	≥160
خوب (Good)	140-159
متوسط (Intermediate)	120-139
ضعیف (Weak)	< 120

در این معادله y تغییرات ارتفاع، شاخص سطح برگ و ماده خشک در زمان t، a حداکثر ارتفاع، شاخص سطح برگ و ماده خشک، b زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع، شاخص سطح برگ و ماده خشک، k ضریب کنترل‌کننده شکل و شیب منحنی و t زمان بر حسب ساعت است.

عملیات برداشت طی سه چین و به‌صورت دستی انجام گرفت. در زمان چین اول تعداد ده بوته از هر کرت علامت‌گذاری شده و سپس، شاخص‌هایی چون ارتفاع اولین قوزه از سطح زمین، تعداد شاخه رویا، تعداد شاخه زایا، طول بلندترین شاخه رویا و تعداد و وزن قوزه اندازه‌گیری شد. به‌منظور ارزیابی عملکرد وش در هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای، وش‌های تولید شده در طول سه متر از پنج ردیف میانی هر کرت طی سه چین برداشت شدند و عملکرد وش محاسبه شد.

همچنین، بذرهای جدا شده از الیاف پس از کرک‌زدایی به‌وسیله سولفوریک اسید ۹۵ درصد برای ارزیابی کیفیت بذرهای تولید شده مورد استفاده قرار گرفتند. برای ارزیابی کیفیت توده‌های بذری از آزمون‌های تسریع پیری، جوانه‌زنی در دمای پایین[1]، جوانه‌زنی در دمای بالا[2] و آزمون هدایت الکتریکی استفاده شد (Hampton and TeKrony, 1995). برای ارزیابی بهتر نمونه‌های بذری، پس از انجام آزمون‌های جوانه‌زنی در دمای پایین و دمای بالا، شاخص قدرت بذر با استفاده از روشی موسوم به روش تگزاس محاسبه شد. در این روش درصد گیاهچه‌های عادی حاصل از دو آزمون با یکدیگر جمع شده و در نهایت با توجه به جدول ۱ نمونه‌های بذری از نظر قدرت بذر طبقه‌بندی شدند (Speers, 2001).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS (Institute, Inc) 9.1.3 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

1- Cold test
2- Warm Test

نتایج و بحث

تأثیر فاصله ردیف بر معماری گیاه

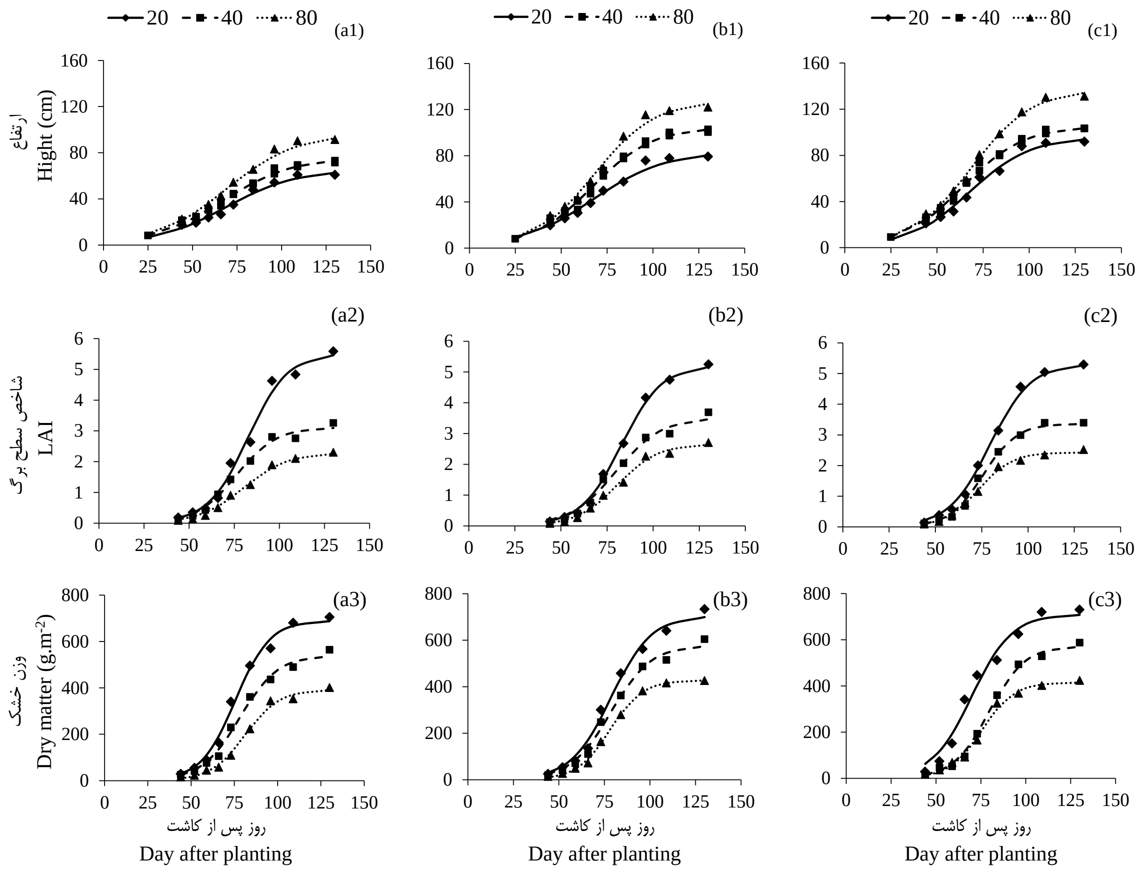
در هر سه رقم مورد مطالعه تغییرات ارتفاع، شاخص سطح برگ و ماده خشک تولید شده در طول فصل رشد از یک منحنی سیگموییدی تبعیت کردند (شکل ۱). در اوایل فصل رشد ارتفاع بوته در فاصله ردیف‌های کم، خیلی کم و معمول اختلاف چندانی با یکدیگر نداشتند، اما با پیشروی به سمت انتهای فصل رشد اختلافات افزایش یافت. به‌طوری‌که در هر سه رقم در انتهای فصل رشد بیش‌ترین ارتفاع بوته در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر و کم‌ترین آن در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد. کم‌ترین ارتفاع بوته در هر سه فاصله ردیف در رقم گلستان مشاهده شد، اما دو رقم سپید و ساحل اختلاف قابل توجهی با یکدیگر نداشتند. هرچند شیب منحنی در رقم گلستان کمتر از دو رقم دیگر بود، اما از لحاظ زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع، اختلاف قابل توجهی بین سه فاصله ردیف و سه رقم مورد بررسی مشاهده نشد (شکل ۱، جدول ۲).

در هر سه رقم با کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت شاخص سطح برگ افزایش یافت و این بیش‌تر بودن شاخص سطح برگ در فاصله ردیف‌های کم و خیلی کم در مقایسه با فاصله ردیف معمول در کل فصل رشد وجود داشت، هرچند که در مراحل ابتدایی رشد این اختلافات ناچیز بود. از طرف دیگر، سه رقم اختلاف معنی‌داری از لحاظ حداکثر شاخص سطح برگ با یکدیگر نداشتند (شکل ۱، جدول ۲). در کلیه فاصله ردیف‌ها رقم ساحل در زمان کوتاه‌تری (سریع‌تر) به حداکثر شاخص سطح برگ (به‌ویژه در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر) دست یافت. بین دو رقم سپید و گلستان اختلاف معنی‌داری از این لحاظ مشاهده نشد (شکل ۱، جدول ۲).

از نظر حداکثر میزان ماده خشک تولید شده در واحد سطح زمین اختلاف معنی‌داری بین رقم‌ها مشاهده نشد، اما با کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت میزان ماده خشک تولید شده افزایش بسیار چشم‌گیری داشت، به‌طوری‌که در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر حداکثر ماده خشک تولید شده در سه رقم گلستان، سپید و ساحل به‌ترتیب ۲۹۷/۰، ۲۷۷/۷ و ۲۹۵/۲ گرم در متر مربع بیشتر از فاصله ردیف ۸۰

سانتی‌متر بود. از لحاظ سرعت تجمع ماده خشک اختلاف قابل توجهی بین رقم‌ها مشاهده نشد، اما در دو رقم گلستان و ساحل با افزایش فاصله ردیف سرعت تجمع ماده خشک کاهش یافت (شکل ۱، جدول ۲).

فاصله ردیف و رقم هر دو اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه رویا و زایا و ارتفاع اولین قوزه از سطح خاک داشتند، در حالی‌که، طول شاخه رویا تنها تحت تأثیر فاصله ردیف قرار گرفت (جدول ۳). هیچ‌یک از سه رقم مورد مطالعه در فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر شاخه رویا تولید نکردند. در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر به‌طور میانگین در هر رقم کمتر از یک شاخه رویا در هر بوته تولید شد (در سه رقم گلستان، سپید و ساحل به‌ترتیب ۰/۲۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ شاخه رویا در بوته). بیش‌ترین تعداد شاخه رویا در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در این فاصله ردیف رقم سپید بیش‌ترین تعداد شاخه رویا (۳/۱ در بوته) را تولید کرد و کم‌ترین تعداد نیز در رقم گلستان (۱/۸۵ در بوته) مشاهده شد (جدول ۴). از طرف دیگر در هر سه رقم طول بلندترین شاخه رویا در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر بسیار بیشتر از آنچه بود که در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین طول شاخه رویا در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر به‌ترتیب متعلق به دو رقم سپید (۸۳/۹ سانتی‌متر) و گلستان (۶۵/۶ سانتی‌متر) بود. در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری از این لحاظ بین سه رقم مشاهده نشد (جدول ۴). بیش‌ترین تعداد شاخه‌های زایا در هر سه رقم در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر و کم‌ترین آن در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد. همچنین در هر سه فاصله ردیف رقم سپید بیش از دو رقم دیگر شاخه زایا تولید کرد که البته در برخی موارد این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۴). در هر سه رقم مورد مطالعه ارتفاع اولین قوزه از سطح خاک با افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت از ۲۰ به ۸۰ سانتی‌متر کاهش یافت. در هر سه فاصله ردیف، ارتفاع اولین قوزه در رقم گلستان اندکی کمتر از دو رقم دیگر بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴).



شکل ۱- تغییرات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و وزن خشک در طول فصل رشد در سه رقم گلستان (a1, a2, a3)، سپید (b1, b2, b3)، و ساحل (c1, c2, c3) در سه فاصله ردیف کاشت ۲۰، ۴۰، و ۸۰ سانتی‌متر با استفاده از مدل لجیستیک

Figure 1- The changes of plant height, leaf area index, and dry matter during the growing season in three Golestan (a1, a2, a3), Sepid (b1, b2, b3), and Sahel (c1, c2, c3) cultivars in three row spacing's including 20, 40, and 80 cm by using the logistic model

جدول ۲- برازش مدل لجیستیک به داده‌های ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و ماده خشک رقم‌های پنبه در مقابل زمان

Table 2- Fitting the logistic model to plant height, leaf area index and dry matter data of cotton cultivars against time

صفات مورد بررسی Studied traits	رقم Cultivar	فاصله ردیف Row spacing	پارامترها Parameters a	b	k	R^2
ارتفاع (Height)	گلستان (Golestan)	20	55.62 ± 3.54	0.05 ± 0.00	68.79 ± 2.93	0.99
		40	76.33 ± 3.53	0.05 ± 0.00	66.83 ± 2.53	0.98
		80	97.06 ± 3.33	0.05 ± 0.00	69.02 ± 1.81	0.97
	سپید (Sepid)	20	96.06 ± 4.25	0.06 ± 0.00	67.52 ± 2.22	0.98
		40	105.60 ± 3.45	0.06 ± 0.00	63.94 ± 1.62	0.98
		80	137.60 ± 3.66	0.06 ± 0.00	68.44 ± 1.36	0.94
	ساحل (Sahel)	20	83.94 ± 3.47	0.05 ± 0.00	67.20 ± 2.17	0.94
		40	105.10 ± 4.68	0.06 ± 0.00	66.65 ± 2.25	0.98
		80	128.1 ± 4.61	0.06 ± 0.00	68.07 ± 1.82	0.98
شاخص سطح برگ (LAI)	گلستان (Golestan)	20	5.54 ± 0.26	0.09 ± 0.01	82.61 ± 1.99	0.98
		40	3.12 ± 0.11	0.09 ± 0.01	76.23 ± 1.65	0.99
		80	2.30 ± 0.06	0.08 ± 0.00	80.32 ± 1.73	0.97
	سپید (Sepid)	20	5.24 ± 0.12	0.09 ± 0.00	82.78 ± 0.96	0.99
		40	3.53 ± 0.18	0.08 ± 0.01	79.86 ± 2.24	0.94
		80	2.67 ± 0.09	0.09 ± 0.00	80.75 ± 1.58	0.96
	ساحل (Sahel)	20	5.33 ± 0.08	0.09 ± 0.00	79.38 ± 0.66	0.99
		40	3.37 ± 0.07	0.11 ± 0.01	75.68 ± 0.92	0.99
		80	2.43 ± 0.05	0.11 ± 0.00	73.23 ± 0.85	0.99
وزن خشک (Dry matter)	گلستان (Golestan)	20	690.70 ± 22.85	0.1 ± 0.01	75.50 ± 1.38	0.98
		40	542.60 ± 20.55	0.09 ± 0.01	78.14 ± 1.63	0.98
		80	393.70 ± 12.10	0.10 ± 0.01	81.25 ± 1.22	0.98
	سپید (Sepid)	20	706.60 ± 27.11	0.09 ± 0.01	78.61 ± 1.64	0.98
		40	580.30 ± 22.00	0.09 ± 0.01	78.57 ± 1.61	0.98
		80	428.90 ± 6.40	0.11 ± 0.00	78.09 ± 0.59	0.98
	ساحل (Sahel)	20	711.2 ± 33.17	0.09 ± 0.01	69.95 ± 2.00	0.99
		40	574.2 ± 12.51	0.10 ± 0.00	79.57 ± 0.88	0.99
		80	416.0 ± 11.52	0.11 ± 0.01	75.50 ± 1.10	0.98

تأثیر فاصله ردیف بر عملکرد و اجزای عملکرد

در هر فاصله ردیف اختلاف معنی‌داری از لحاظ تعداد قوزه بین سه رقم وجود نداشت. اما تعداد قوزه در هر بوته در فاصله ردیف‌های مختلف متفاوت بود به‌طوری‌که با افزایش فاصله ردیف از ۲۰ به ۸۰ سانتی‌متر در هر سه رقم تعداد قوزه در بوته به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (جدول ۳ و ۴). با این وجود، فاصله ردیف‌های مختلف از لحاظ تعداد قوزه در واحد سطح اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (به استثنای فاصله ردیف ۲۰ و ۴۰ در رقم سپید) (جدول ۳ و ۴). رقم سپید نسبت به دو رقم دیگر از وزن قوزه کم‌تری برخوردار بود. در این رقم کم‌ترین وزن قوزه در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد، اما در دو رقم گلستان و ساحل کم‌ترین وزن قوزه در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). در هر سه رقم بیش‌ترین وزن قوزه در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر مشاهده شد. از طرف دیگر، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد وش در فاصله ردیف‌های مختلف کاشت مشاهده نشد و تنها اثر رقم معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). در هر سه فاصله ردیف بیشترین عملکرد وش به رقم گلستان تعلق داشت و دو رقم دیگر از این نظر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۴).

تأثیر فاصله ردیف بر کیفیت بذر

در رقم گلستان بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در سه آزمون گرما، سرما و تسریع پیری در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد و با افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت درصد جوانه‌زنی در این رقم کاهش یافت. در حالی که در رقم ساحل بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در این سه آزمون در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر و کمترین آن در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. در رقم سپید بین فاصله ردیف ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر از نظر درصد جوانه‌زنی اختلاف قابل توجهی وجود نداشت، اما کاهش زیادی در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر در این رقم مشاهده شد (شکل ۲، a، b و c).

آزمون هدایت الکتریکی نیز نتایج حاصل از آزمون جوانه‌زنی را تأیید کرد به‌طوری‌که در رقم گلستان کم‌ترین نشت مواد از بذر در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد که با افزایش فاصله ردیف میزان نشت مواد از بذر نیز افزایش یافت. کم‌ترین نشت مواد از بذر در

رقم سپید و ساحل در فاصله ردیف ۴۰ رخ داد و در هر دو رقم میزان هدایت الکتریکی در دو فاصله ردیف ۲۰ و ۸۰ سانتی‌متر مشابه بود (شکل ۲، d).

محاسبه شاخص قدرت (مجموع گیاهچه‌های عادی در آزمون‌های جوانه‌زنی در دمای پایین و بالا) نشان داد که هیچ‌یک از نمونه‌های بذری در گروه بذرهای عالی و ممتاز قرار نداشتند. تنها بذرهای حاصل از فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر در رقم گلستان در گروه خوب و سایر نمونه‌های بذری در گروه متوسط و یا ضعیف قرار داشتند (جدول ۵). با این حال کم‌ترین شاخص قدرت بذر در دو رقم گلستان و سپید در فاصل ردیف ۸۰ سانتی‌متر و در رقم ساحل در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر مشاهده شد. در رقم ساحل بیش‌ترین شاخص قدرت در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی از صفات مورد بررسی شامل طول شاخه رویا (LM)، تعداد شاخه رویا (NM)، تعداد شاخه زایا (NS) ارتفاع اولین قوزه (HFB)، تعداد و وزن قوزه (BN و BW) و عملکرد وش (LY) در ارقام و فاصله ردیف‌های مختلف کاشت در پنبه

Table 3- Analysis of variance for length of monopodial branches (LM), number of monopodial branches (NM), number of sympodial branches (NS), height of first boll from the ground surface (HFB), number of bolls in plant (BN), number of bolls per unit of area (BNA), boll weight (BW) and lint yield (LY), in cultivars and row spacing's in cotton

S.O.V	df	F value							
		معماری گیاهی Plant architecture				عملکرد و اجزای عملکرد Yield and Yield components			
		LM	NM	NS	HFB	BN	BNA	BW	LY
بلوک (Block)	3	1.45^{ns}	.1.00^{ns}	15.62**	0.73^{ns}	0.42^{ns}	0.54^{ns}	1.17^{ns}	5.27**
رقم (a) (Cultivar)	2	1.65^{ns}	8.31**	10.37**	4.92*	2.25^{ns}	3.36^{ns}	123.77**	13.38**
ردیف (b) (Row)	2	357.99*	433.11**	129.92**	129.71**	92.75*	2.69^{ns}	99.70**	0.14^{ns}
a×b	4	2.55^{ns}	11.53**	1.73^{ns}	0.20^{ns}	0.27^{ns}	0.49^{ns}	16.21**	1.37^{ns}
خطا (Error)	24	-	-	-	-	-	-	-	-
کل (Total)	35	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (CV)	-	27.56	26.61	13.66	6.92	23.56	22.96	4.46	13.14

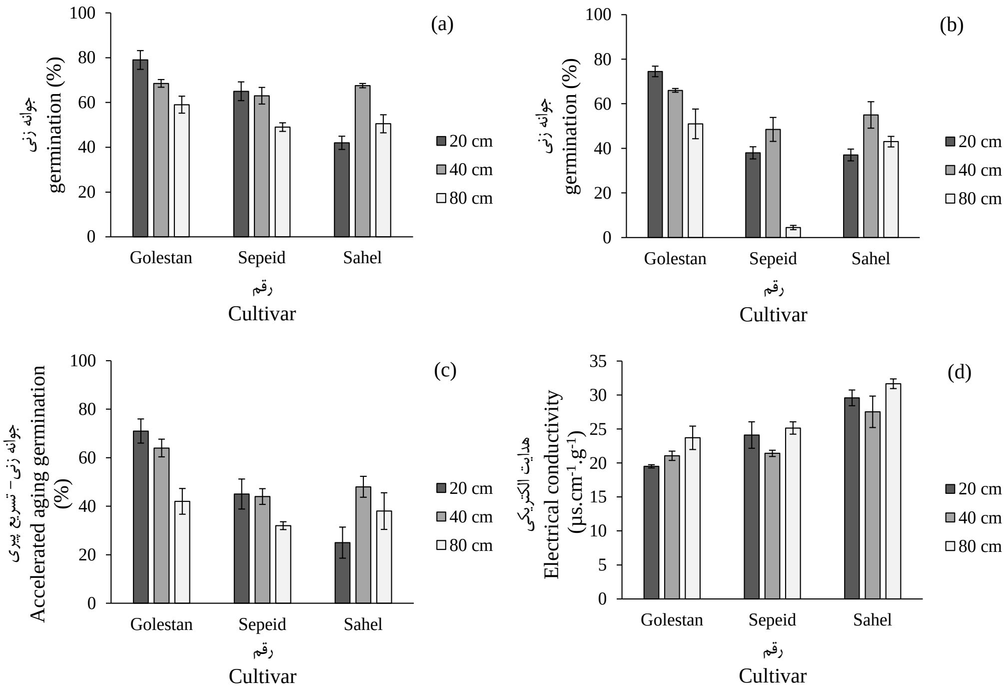
**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ns: غیر معنی‌دار

**: Significant at the 1% level, * significant at 5% level and ns: non significant

جدول ٤- مقایسه میانگین طول شاخه رویا (LM)، تعداد شاخه رویا (NM)، تعداد شاخه زایا (NS) ارتفاع اولین قوزه (HFB)، تعداد و وزن قوزه (BN و BW) و عملکرد وش (LY) در ارقام و فاصله ردیف‌های مختلف کاشت در پنبه

Table 4- Mean comparison of the length of monopodial branches (LM), number of monopodial branches (NM), number of sympodial branches (NS), height of first boll from the ground surface (HFB), number of bolls in plant (BN), number of bolls per unit of area (BNA), boll weight (BW), and lint yield (LY) in cultivars and row spacing in cotton

رقم (Cultivar)	فاصله ردیف (Row spacing)	معماری گیاهی Plant architecture				عملکرد و اجزای عملکرد Yield and Yield components			
		LM	NM	NS	HFB	BN	BNA	BW (g)	LY (kg.ha^{-1})
گلستان (Golestan)	20	0.00c	0.00d	4.20f	28.90ab	4.65c	116.25a	5.33bc	4591.65ab
	40	10.65c	0.25d	8.70d	25.10c	10.75b	134.37a	3.99e	5047.92a
	80	65.65b	1.85c	13.15ab	17.30d	19.20a	144.0a	6.09a	4359.35ab
ساحل (Sahel)	20	0.00c	0.00c	4.90f	30.10a	4.10c	102.50b	5.56b	3491.70c
	40	3.6c	0.05c	7.15de	26.80bc	7.85bc	98.12b	5.04cd	3375.00c
	80	74.55ab	2.35ab	12.15bc	19.70d	18.15a	136.12a	5.91a	3909.35bc
سپید (Sepid)	20	0.00c	0.00c	5.90ef	31.15a	5.80c	145.00a	3.77e	3866.65bc
	40	7.75c	0.10c	10.95c	26.80bc	10.35b	129.37a	3.91e	3866.67bc
	80	83.90a	3.10a	14.00a	19.50d	20.75a	155.62a	4.74d	3827.95bc



شکل ۲- درصد جوانه‌زنی بر حسب تعداد گیاهچه‌های عادی در آزمون سرما (a)، آزمون گرما (b)، تسریع پیری (c) و هدایت الکتریکی (d) در سه رقم گلستان، سپید، و ساحل در سه فاصله ردیف کاشت ۲۰، ۴۰ و ۸۰ سانتی‌متر

Figure 2- Germination percentage According to the number of normal seedlings in cold test (a), warm test (b), and accelerated aging test (c) and electrical conductivity (d) in cv. Golestan, Sepid, and Sahel in three row spacing's 20, 40, and 80 cm

جدول ۵- طبقه‌بندی نمونه‌های بذری به گروه‌های مختلف با استفاده از شاخص قدرت در روش تگزاس (مجموع گیاهچه‌های عادی در آزمون‌های جوانه‌زنی در دمای پایین و بالا)

Table 5- Classification of Seed samples into different groups by using the vigor index according to Texas method (total normal seedlings in warm and cold test)

رقم Cultivar	فاصله ردیف Row spacing	شاخص قدرت Vigor index	طبقه‌بندی Classification
گلستان	20	153.5	خوب (Good)
(Golestan)	40	134.5	متوسط (Intermediate)
	80	110.0	ضعیف (Weak)
سپید	20	103.0	ضعیف (Weak)
(Sepid)	40	111.5	ضعیف (Weak)
	80	53.5	ضعیف (Weak)
ساحل	20	79	ضعیف (Weak)
(Sahel)	40	122.5	متوسط (Intermediate)
	80	93.5	ضعیف (Weak)

دست‌ورزی در رشد اندام‌ها و هندسه گیاه یک هدف راهبردی به‌منظور افزایش پتانسیل تولید در گیاهان زراعی، سهولت برداشت و فرآوری بهینه محصولات به‌شمار می‌رود. شکل هندسی و نحوه توزیع اندام‌های گیاه تحت کنترل ژن‌ها و نیز مجموعه بزرگی از تنظیم‌کننده‌های اصلی که شامل عوامل رونویسی هستند و نقش مهمی در شکل‌گیری ساختار گیاه و بهینه‌سازی عملکرد دارند، قرار دارد (de Ribou *et al.*, 2013). البته این ویژگی‌ها تحت اثر هدایت‌کنندگی عوامل محیطی بروز پیدا می‌کنند. تنظیم تراکم کاشت که می‌تواند از طریق تغییر فاصله بین ردیف‌های کاشت صورت گیرد، یک روش مدیریتی کارآمد در دست‌ورزی معماری و هندسه گیاهان

زراعی می‌باشد که بر توزیع و به دام‌اندازی نور در کانوپی و در نتیجه بر رشد گیاه، تخصیص ماده خشک، توزیع قوزه در ارتفاع گیاه و پتانسیل عملکرد مؤثر است (Kaggwa-Asiimwe *et al*., 2013).

در این پژوهش با افزایش تراکم در نظام‌های NR و به‌ویژه UNR ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های رویا و زایا در مقایسه با نظام‌های CR کاهش یافت و در مقابل شاخص سطح برگ و میزان تولید ماده خشک در واحد سطح همواره افزایش پیدا کرد (شکل ۱، جدول ۴). بر اساس یافته‌های محققان مختلف، علت اصلی کاهش ارتفاع گیاه در UNR نسبت به CR افزایش رقابت بین بوته‌هاست که دسترسی به منابع موجود برای رشد را محدود می‌سازد (Gwathmey, and Clement, 2010; Brodrick *et al*., 2012). همچنین علت افزایش شاخص سطح برگ و ماده خشک در واحد سطح در UNR، افزایش تعداد بوته در واحد سطح در مقایسه با CR می‌باشد (Brodrick *et al*., 2012). تمایل به داشتن ارتفاع کم‌تر، بیشتر به خاطر بهینه‌سازی عملیات برداشت در شرایط مکانیزه می‌باشد (Oz *et al*., 2011). تأثیر مهم دیگر افزایش تراکم که در این مطالعه مشاهده شد، افزایش ارتفاع تشکیل اولین قوزه نسبت به سطح زمین بود (جدول ۴)، که خود در تسهیل و بهینه‌سازی برداشت مکانیزه حائز اهمیت است (Buxton *et al*., 1977).

هرچند که در این پژوهش اجزای عملکرد شامل وزن قوزه و تعداد قوزه در بوته تحت تأثیر فاصله ردیف قرار گرفتند، اما این موضوع عملکرد وش را تحت تأثیر قرار نداد که علت آن عدم تغییر تعداد قوزه در واحد سطح بود (جدول ۳ و ۴). در مطالعه قبلی نشان داد که در سه رقم گلستان، سپید و ساحل تعداد قوزه در واحد سطح در فاصله‌ردیف‌های خیلی کم بیشتر از فاصله ردیف‌های رایج بود و در نتیجه عملکرد وش در فاصله ردیف‌های خیلی کم بیشتر بود (Ghaderi-Far *et al*., 2012). عدم مطابقت نتایج این دو پژوهش ممکن است ناشی از شرایط محیطی متفاوت و وارد شدن اثر سال بر نتایج آزمایش بوده باشد. در هر سه رقم بیش‌ترین وزن و تعداد قوزه در بوته در فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متری به‌دست آمد و با کاهش فاصله ردیف تعداد قوزه همواره کاهش یافت. وزن قوزه نیز بسته به رقم در فاصله‌ردیف ۲۰ (سپید) و یا ۴۰ (گلستان و ساحل) کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. گواتمی و کلمنت (۲۰۱۰) نشان دادند که با کاهش فاصله ردیف از ۱۰۲ به ۲۵ سانتی‌متر تعداد قوزه حدود ۱۲ درصد کاهش یافت (Gwathmey and Clement, 2010). ایشان علت این رویداد را افزایش رقابت بر سر منابع ضروری جهت نگه‌داری و بقای قوزه‌ها و محدودیت دسترسی به این منابع در تراکم‌های بالا می‌دانند. در واقع به دلیل کاهش تعداد مکان‌های مورد نیاز برای تشکیل قوزه (کاهش تعداد شاخه زایا)، میزان بارگیری قوزه‌ها و تخصیص مواد به بخش قابل برداشت کاهش یافت.

همچنین علت ثبات عملکرد، با وجود کاهش وزن و تعداد قوزه در هر بوته در UNR، افزایش تعداد بوته و در نتیجه ثبات تعداد قوزه در واحد سطح بود. نتایج بسیاری از مطالعات پیشین نیز حاکی از یکسان بودن عملکرد در UNR و CR بودند (Molin *et al*., 2006; Feng *et al*., 2014; Dai *et al*., 2015). اما برخی دیگر منعکس‌کننده برتری نظام‌های UNR در مقابل CR از لحاظ عملکرد می‌باشند و علت آن‌را نیز افزایش دریافت تشعشع و کارایی مصرف نور در تراکم‌های بالاتر می‌دانند (Heitholt *et al*., 1992; Ghaderi-Far *et al*., 2012; Mao *et al*., 2014; Zhang *et al*., 2014).

با وجود اینکه برخی از محققان به تأثیر تراکم بر کیفیت بذر اشاره کردند (Kong *et al*., 2004; Ramaan *et al*., 2005)، بیشتر مطالعاتی که در آن‌ها اثر تراکم کاشت بر کیفیت بذر مورد بررسی قرار گرفت حاکی از آن هستند که تراکم یا فاصله بین ردیف‌های کاشت اثر معنی‌داری بر قابلیت جوانه‌زنی یا قدرت بذر ندارد (Castillo *et al*., 1993; Kong *et al*., 2004). شاید بتوان دلیل بیشتر بودن کیفیت بذر در فاصله ردیف ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر را در این مطالعه به ارتفاع تشکیل قوزه نسبت داد. در سویا نشان داده شده است که تفاوت در شرایط محیطی (تشعشع، دما و رطوبت نسبی) در اطراف غلاف‌های موجود در لایه‌های مختلف کانوپی می‌تواند بر کیفیت بذر مؤثر باشد (Illipronti *et al*., 2000). در سویا بذرهای حاصل از بخش فوقانی ساقه اصلی در مقایسه با بذرهای تشکیل شده در قسمت‌های پایینی ساقه اصلی و بذرهای شاخه‌ها، از کیفیت بالاتری برخوردار هستند (Adam *et al*., 1989; Smiciklas *et al*., 1992). بنابراین، ممکن است با کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت که باعث تشکیل قوزه‌ها در ارتفاع بالاتری شد و به دلیل وجود تلاطم ناشی از وزش باد در ارتفاع بالاتر این قوزه‌ها با دما و رطوبت نسبی پایین‌تری مواجه شده باشند و به این ترتیب کیفیت بذرهای تولید شده افزایش یافته باشد. نکته مهم دیگر این است که شاخص قدرت بذر (جدول ۵) تنها در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر در رقم گلستان در گروه خوب و در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر در رقم‌های گلستان و ساحل در گروه متوسط قرار داشت و مابقی بذرهای تولید شده در گروه ضعیف طبقه‌بندی شدند، ضمن اینکه هیچ یک از بذرهای تولید شده در گروه عالی قرار نداشتند. این موضوع نشان می‌دهد که منطقه گرگان برای تولید بذر پنبه از شرایط مناسبی برخوردار نیست که خود ضرورت شناسایی مناطق مناسب جهت تولید بذر پنبه را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه استفاده از فاصله‌ردیف‌های کم (۴۰ سانتی‌متر) و خیلی کم (۲۰ سانتی‌متر) باعث کاهش وزن و تعداد قوزه در هر بوته در مقایسه با فاصله ردیف‌های

رایج (۸۰ سانتی‌متر) در هر سه رقم شد، اما افزایش تعداد بوته در واحد سطح کاهش اجزای عملکرد در تک بوته‌ها را جبران نمود. این موضوع باعث شد تا سه فاصله ردیف از نظر تعداد قوزه در واحد سطح و در نتیجه عملکرد وش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته باشند. این ثبات عملکرد را همچنین می‌توان به افزایش شاخص سطح برگ و میزان ماده خشک تولید شده در واحد سطح نسبت داد، زیرا این خصوصیات در تأمین مواد فتوسنتزی و انتقال آن به اندام‌های قابل برداشت نقش مهمی ایفا می‌کنند. کاهش ارتفاع بوته و افزایش ارتفاع تشکیل قوزه در این تحقیق منعکس‌کننده تسهیل در برداشت مکانیزه با کاهش فاصله ردیف بودند. کلیه این خصوصیات مطلوب حاصل تغییر در معماری و نحوه توزیع و قرارگیری اندام‌های گیاه در کانوپی جهت دریافت بهتر نور و تخصیص بهینه مواد فتوسنتزی بود که با کاهش فاصله ردیف رخ داد. فاصله ردیف اثر معنی‌داری بر کیفیت الیاف نداشت و تنها نوع رقم بر این ویژگی مؤثر بود. از طرف دیگر، فاصله ردیف اثر معنی‌داری بر کیفیت بذر داشت. به‌طوری‌که در فاصله ردیف‌های کم و خیلی کم کیفیت بذرهای تولید شده در هر سه رقم بیشتر از فاصله ردیف معمول بود. هرچند که برای یافتن دلایل افزایش کیفیت بذر در فاصله ردیف‌های کم (۴۰ سانتی‌متر) و خیلی کم (۲۰ سانتی‌متر) به مطالعات بیشتری نیاز می‌باشد، اما به نظر می‌رسد تشکیل قوزه‌ها در ارتفاع بالاتر کانوپی در فاصله ردیف‌های کم نقش مهمی در افزایش کیفیت بذر داشته باشد. چرا که در ارتفاع بالاتر میزان تشعشع بیشتر بوده و نیز رطوبت نسبی کانوپی نیز پایین‌تر می‌باشد. همچنین جابه‌جایی هوا در اثر جریان باد باعث تعدیل دما در بخش فوقانی کانوپی می‌شود که کلیه این عوامل در تعیین میکروکلیمای کانوپی و در نتیجه کیفیت بذرهای تولید شده مؤثرند. همچنین با توجه به پایین بودن شاخص قدرت بذر در اکثر بذرهای تولید شده، به نظر می‌رسد که منطقه گرگان به منظور تولید بذر پنبه از شرایط نامناسبی برخوردار است. بنابراین، به طور کلی کاهش ارتفاع بوته و افزایش ارتفاع تشکیل قوزه که خصوصیات تسهیل‌کننده برداشت مکانیزه هستند، افزایش شاخص سطح برگ و ماده خشک در واحد سطح که در دریافت نور و تأمین مواد فتوسنتزی جهت انتقال به بخش قابل برداشت نقش دارند، ثبات عملکرد و کیفیت الیاف در فاصله ردیف‌های کم و خیلی کم و در نهایت افزایش کیفیت بذر، همگی نشان‌دهنده برتری فاصله ردیف‌های کم و خیلی کم در مقابل فاصله ردیف‌های زیاد و معمول می‌باشند.

References

1. Adam, N. M., McDonald, M. B., and Henderlong, P. R. 1989. The influence of seed position planting, and harvesting on soybean seed quality. Seed Science and Technology 17 (1): 143-152.
2. Arunvenkatesh, S., and Rajendran, K. 2013. Evaluation of plant density and cotton genotypes (*Gossypium hirsutum* L.) on cotton yield and fibre quality. International Journal of Forestry and Crop Improvement 4 (1): 1-5.
3. Atwell, S., Perkins, R., Guice, B., Stewart, W., Harden, J., and Odeneal, T. 1996. Essential steps to successful ultra narrow row cotton production. In Dugger, P. and Richter, D. A, (eds). Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences, Nashville, TN. January 9-12, 1996. Memphis, TN: National Cotton Council of America. pp. 1210-1211.
4. Béland, M., Widlowski, J. L., Fournier, R. A., Ois Côté, J. F., and Verstraete, M. M. 2011. Estimating leaf area distribution in savanna trees from terrestrial LiDAR measurements. Agricultural and Forest Meteorology 151 (9): 1252-1266.
5. Brodrick, R., Bange, M. P., Milroy, S. P., and Hammer, G. L. 2012. Physiological determinants of high yielding ultra-narrow row cotton: Biomass accumulation and partitioning. Field Crops Research 134: 122-129.
6. Buxton, D. R., Briggs, R. E., Patterson, L. L., and Watkins, S. D. 1977. Canopy characteristics of narrow-row cotton as affected by plant density. Agronomy Journal 69: 929-933.
7. Castillo, A. G., Hampton, J. G., and Coolbear, P. 1993. Effect of population density on within canopy environment seed vigour in graden (*Pisum satiivum* L.). Proceedings of Agronomy Society of New Zealand 23: 99-106.
8. Dai, J., Li, W., Tang, W., Zhang, D., Li, Z., Lu, H., Eneji, A. E., and Dong, H. 2015. Manipulation of dry matter accumulation and partitioning with plant density in relation to yield stability of cotton under intensive management. Field Crops Research 180: 207-215.
9. De Ribou, S. B., Douam, F., Hamant, O., Frohlich, M. W., and Negrutiu, I. 2013. Plant science and agricultural productivity: Why are we hitting the yield ceiling? Plant Science 210: 159-176.
10. Dong, H., Zhang, D., Tang, W., Li, W., and Li, Z. 2005. Effects of planting system, plant density and flower removal on yield and quality of hybrid seed in cotton. Field Crops Research 93 (1): 74-84.
11. Feng, L., Mathis, G., Ritchie, G., Han, Y., Li, Y., Wang, G., Zhi, X., and Bednarz, C. W. 2014. Optimizing irrigation and plant density for improved cotton yield and fiber quality. Agronomy, Soil and Environmental Quality 106 (4): 1111-1118.
12. Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour H. R. 2009. Evaluation of nonlinear regeression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. *Convar*. Pepo var. *styriaca Greb*), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. Journal of Plant

Production 16 (4): 1-19. (in Persian with English abstract).
13. Ghaderi-Far, F., Alimagham, S. M., Sancholi, O., Yousefi-Daz, M., and Miri, A. A. 2012. Yield and fiber quality comparison of cotton planted in ultra narrow row and conventional row. Electronic Journal Crop Production 5 (2): 75-91. (in Persian with English abstract).
14. Gwathmey, C. O., and Clement, J. D. 2010. Alteration of cotton source-sink relations with plant population density and mepiquat chloride. Field Crops Research 116 (1-2): 101-107.
15. Ghorbanpour, E. 2012. Ecophysiological study the competition between velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted in conventional and ultra narrow row (UNR) spacings. MSc. Thesis, Agronomy. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. (in Persian with English abstract).
16. Hampton, J. G., and TeKrony, D. M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich. 117 pp.
17. Heitholt, J. J., Pettigrew, W. T., and Meredith, W. R. 1992. Light interception and lint yield of narrow-row cotton. Crop Science 32 (3): 728-733.
18. Illipronti, R. A., Lommen, W. J. M., Langerak, C. J., and Struik, P. C. 2000. Time of pod and seed position on the plant contribute to variation in quality of seed within soybean seed lots. Netherlands. Journal of Agricultural Science 48 (2): 165-180.
19. Jost, P. H., and Cothern, J. T. 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings. Crop Science 40 (2): 430-435.
20. Kaggwa-Asiimwe, R., Andrade-Sanchez, P., and Wang, G. 2013. Plant architecture influences growth and yield response of upland cotton to population density. Field Crops Research 145: 52-59.
21. Kong, L. J., Zhang, G. X., and Yao, D. W. 2004. Seed production technology of carrot in foreign countries. China Vegetable 2 (1): 54-56.
22. Mao, L., Zhang, L., Zhao, X., Liu, S., van der Werf, W., Zhang, S., Spiertz, H., and Li, Z. 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. Field Crops Research 155 (1): 67-76.
23. McConnell, J. S., Francis, P. B., Stark, C. R., and Glover, R. E. 2008. Plant responses of ultra narrow row cotton to nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition 31 (6): 1005-1017.
24. Meng, Y., Lv, F., Zhao, W., Chen, J., Zhu, L., Wang, Y., Chen, B., and Zhou, Z. 2016. Plant density influences fiber sucrose metabolism in relation to cotton fiber quality. Acta Physiology of plant 38: 112.
25. Molin,W. T., Boykin, D., Hugie, J. A., Ratnayaka, H. H., and Tracy, M. 2006. Spurred anoda (*Anoda cristata*) interference in wide row and ultra narrow row Cotton. Weed Science 54 (4): 651-657.
26. Oz, E., Tekin, A. B., Evcim, H. U., and Degirmencioglu, A. 2011. Effect of variety and row spacing on the performance of a cotton picker. Journal of Food and Agricultural Environment 9 (1): 236-242.
27. Ramaan, M. M., Mwakangwale, M. G., Hampton, J. G., and Hill, M. J. 2005. Plant density affects soybean seed quality. Seed Science and Technology 33 (2): 521-525.
28. Smiciklas, K. D., Mullen, R. E., Carlson, R. E., and Knapp, A. D. 1992. Soybean seed quality response to drought stress and pod position. Agronomy Journal 84 (2): 166-170.
29. Speers, J. 2001. Seed and seed quality issues 2001 North Carolina cotton Production Guide. www.Ipm. Ncsu.edu.
30. Xiao-yu, Z., Ying-chun, H., Ya-bing, L., Guo-ping, W., Wen-li, D., Xiao-xin, L., Shuchun, M., and Lu, F. 2015. Effects of plant density on cotton yield components and quality. Journal of Integrative Agriculture 15 (1): 1-13.
31. Zhang, D., Zhang, L., Jianguo Liu, J., Shuo Han, S., Wang, Q., Jochem Evers, J., Liu, J., van der Werf, W., and Li, L. 2014. Plant density affects light interception and yield in cotton grown as companion crop in young jujube plantations. Field Crops Research 169: 132-139.
32. Zaxos, D., Kostoula, S., Khah, E. M., Mavromatis, A., Chachalis, D., and Sakellariou, M. 2012. Evaluation of seed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production and quality in relation to the different irrigation levels and two row spacings. International Journal of Plant Production 6 (1): 129-148.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 435-446

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۴۴۶-۴۳۵

The Effect of Row Spacing on Plant Architecture, Yield and Seed Quality of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

M. Mounian Ardestani[1]- F. Ghaderi-Far[2*]- E. Zeinali[3]- M. H. Ghorbani[4]- M. Gorzin[5]

Received: 13-05-2017
Accepted: 15-01-2018

Introduction: Adjusting the distance between planting rows is one of the most important aspects of management in the process of crop production. The row spacing is effective on land cover, the amount of radiation, crop competitive ability against weeds, and pests and pathogens population and these methods affect the efficiency of crop production system. In general, row distance in cotton planting is more than other crops, ranged normally between 76 to 102 cm. But today, cotton cultivation in low row spacing (25-50 cm) and very low (row spacing 18-25 cm) is preferred. The advantages include increased potential for higher yield, declined production costs through reducing soil erosion in prone areas, reducing water losses, increased photosynthesis efficiency, reducing the cost of weed control and the possibility of mechanized harvesting which saves time.

Materials and Methods: This study was conducted in the factorial experiment in the Randomized Complete Block Design with four replications at research farm (No.1) of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (36°49' N, 54°19'E and 12m above sea level), 2012. Experimental treatments included row spacing at three levels (20, 40, and 80 cm), and three cultivars of Sahel, Sepid and Golestan. During the plant growth period changes in plant height, leaf area index and shoot dry weight were measured. Also, in the maturity, some other parameters such as the first boll height from the ground surface, the number of monopodial branches, the number of sympodial branches, the length of the highest monopodial branches, the number and weight of boll and yield were measured. In addition, after the separation of fibers from seeds, accelerated aging tests, germination at low and high temperature (warm and cold tests) and electrical conductivity test were applied to evaluate the seed quality. For better evaluation of seed samples, after warm and cold germination tests, the normal seedling percentages from the two tests were added together (vigor index). Thus, all seeds produced were classified in terms of seed vigor into four categories: excellent, good, medium and weak.

Results and Discussion: In this study, structure and geometrical characteristics of the plant were significantly affected by row spacing. Thus, the reduction of row spacing from 80 to 20 cm, reduced plant height and, the number and length of monopodial and sympodial branches. However, the leaf area index, dry matter and boll height increased significantly. Despite significant reduction of boll number and size per plant with the reduction of row distance, lint yield remained unaffected due to an increase in the number of plants and the number of bolls per unit of area. The highest seed quality observed in Golestan cultivar at a row spacing of 20 cm while for the other two cultivars it occurred at row spacing of 40 cm. The lowest seed quality in all three cultivars obtained in row spacing of 80 cm. Based on the seed vigor index (total normal seedlings in warm and cold germination tests) none of the seed samples could be categorized in an excellent group. The Golestan cultivar with row spacing of 20 cm could be placed in a good group and the other seed samples were found to be medium to weak. However, the least seed vigor index was found in Golestan and sepid cultivars in 80 cm row

1- Former M.Sc. Student in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
2- Associate Prof., Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
3- Associate Prof., Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
4- Assistant Prof., Department of Agronomy. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
5- Ph.D. Student in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: farshidghaderifar@yahoo.com)

spacing and in Sahel cultivar in 20 cm row spacing. For Sahel cultivar, the maximum seed vigor index obtained in 40 cm row spacing.

Conclusions: There are advantages in narrow and ultra-narrow row spacing in comparison of traditional row spacing for cotton planting. These include generally, the reduction of plant height, increased height of boll formation which facilitates mechanized harvesting, and the increase of LAI and dry matter per area. Other advantages are the stability of lint yield and fiber quality, and ultimately increased seed quality in cultivations with lower row spacing.

Keywords: Plant density, Plant geometry, Seed germination and vigor